

**PEMODELAN PENYEDIAAN ENERGI TERBARUKAN
DUSUN POLENG KABUPATEN MADIUN**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh:

RADITYA EKA PRADANA

D 400 170 102

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2021**

HALAMAN PERSETUJUAN

**PEMODELAN PENYEDIAAN ENERGI TERBARUKAN DUSUN POLENG
KABUPATEN MADIUN**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

RADITYA EKA PRADANA

D400170102

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Dedi Ary Prasetya, S.T., M.Eng.

NIK. 982

HALAMAN PENGESAHAN

PEMODELAN PENYEDIAAN ENERGI TERBARUKAN DUSUN POLENG KABUPATEN MADIUN



OLEH

RADITYA EKA PRADANA

D400170102

Telah dipertahankan di depan
Dewan Penguji Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Rabu , 30 Juni 2021
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Dedi Ary Prasetya, S.T., M.Eng.  (Ketua Dewan Penguji)
2. Agus Supardi, S.T., M.T.  (Anggota I Dewan Penguji)
3. Aris Budiman, S.T., M.T.  (Anggota II Dewan Penguji)



Dekan,

Roni Fatoni, S.T., M.Sc., Ph.D

NIK. 892

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 30 Juni 2021

Penulis



RADITYA EKA PRADANA
D400170102

PEMODELAN PENYEDIAAN ENERGI TERBARUKAN DUSUN POLENG KABUPATEN MADIUN

Abstrak

Sampai saat ini di Kabupaten Madiun khususnya di wilayah Kecamatan Kare, belum terdistribusi elektrifikasi yang merata dan belum dapat memenuhi kebutuhan listrik secara keseluruhan karena kondisi geografis. Seperti halnya yang terjadi di Dusun Poleng sebagai salah satu wilayah yang beroperasi, salah satunya yang menjadi fokus dalam penelitian yaitu akses jalan di Dusun Poleng belum adanya penerangan yang dikarenakan kondisi geografis sulit untuk tersuplai oleh aliran listrik dari PLN. Penelitian ini mengusulkan model konfigurasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan energi terbarukan sebagai pemenuhan keperluan energi listrik. Hal ini dikarenakan Dusun Poleng memiliki potensi energi radiasi matahari yang cukup baik dengan rata-rata pertahun yaitu 5,26 kWh/m²/hari. Penelitian menggunakan metode beban untuk menentukan PLTS dan penggunaan perangkat lunak pembangunan HOMER (*Hybrid Optimization Model for Energy Renewable*). Hasil dari penelitian adalah Sistem konfigurasi *off grid* PLTS yang optimal dari hasil simulasi HOMER pada Dusun Poleng terdiri dari PV 4,27 kW, MPPT 1 kW, baterai 3 kW 10 unit dan konverter 0,746 kW pada Pemodelan 1 dengan menggunakan beban lampu LED 12W sedangkan pada pemodelan 2 yang menggunakan beban lampu CFL 22W yaitu PV 9,40 kW, MPPT 2 kW, baterai 3 kW 14 unit, konverter 1,38 kW. Pada Pemodelan 1 dibutuhkan sejumlah 3 buah panel surya yang disusun secara seri dan untuk pemodelan 2 dibutuhkan sejumlah 6 buah panel surya yang disusun secara seri. Berdasar konfigurasi yang optimal pada nilai NPC terendah yaitu Pemodelan 1 sebesar Rp. 39.400.000 dengan kelebihan pasokan listrik 817 kWh/th sedangkan Pemodelan 2 sebesar Rp. 72.400.000 dengan kelebihan pasokan listrik sebesar 2226 kWh/tahun. Dengan begitu dari hasil kedua desain pemodelan terjadi BEP pada tahun 13.

Kata kunci: Pemodelan, Energi Terbarukan, PLTS, HOMER *Software*

Abstract

Until now, in Madiun Regency, especially in the Kare District, electrification has not been evenly distributed and has not been able to meet the overall electricity demand due to geographical conditions. As is the case in Poleng Hamlet as one of the operating areas, one of the areas that is the focus of the research is that there is no access road in Poleng Hamlet due to geographical conditions that are difficult to supply electricity from PLN. This study proposes a configuration model for Solar Power Plants (PLTS) with renewable energy as the fulfillment of electrical energy needs. This is because Poleng Hamlet has a fairly good potential for solar radiation energy with an average annual rate of 5.26 kWh/m²/day. The research uses the load method to determine PV mini-grid and the use of HOMER (*Hybrid Optimization Model for Energy Renewable*) development software. The results of the study are the optimal PLTS off grid configuration system from the HOMER simulation results in Poleng Hamlet consisting of 4.27 kW PV, 1 kW MPPT, 3 kW 10 units of battery and 0.746 kW converter in Modeling 1 using 12W LED lamp load while in modeling 2 which uses a 22W CFL lamp load, namely 9.40 kW PV, 2 kW MPPT, 14 units 3 kW battery, 1.38 kW converter. In Model 1 it takes 3 solar panels arranged in series and for Model 2 it takes 6 solar panels arranged in series. Based on the optimal configuration at the lowest NPC value, namely Modeling 1 of Rp. 39,400,000 with an excess of 817 kWh/year of electricity supply while Model 2 is Rp. 72,400,000 with excess electricity supply of 2226 kWh/year. Thus, from the results of the two modeling designs, BEP occurred in 13.

Key words: Modeling, Renewable Energy, PLTS, HOMER Software

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan sebuah negara kepulauan yang luas dan jumlah penduduk yang besar. Sebagai salah satu negara dengan bentuk geografis yang bermacam-macam, Indonesia masih menghadapi tantangan dalam pemenuhan energi untuk semua warganya. Di tahun 2020, diperkirakan masih terdapat 433 desa yang belum mendapatkan akses listrik. Kesenjangan pendistribusian listrik antara Pulau Jawa dan luar Pulau Jawa memang cukup tinggi, di mana rasio elektrifikasi rata-rata provinsi di Pulau Jawa telah mencapai di atas 90%, sedangkan provinsi di luar Jawa, khususnya Indonesia bagian timur, masih di bawah 70%. Dalam hal ini berarti pemenuhan energi di Indonesia masih belum merata, yang salah satunya disebabkan oleh kurangnya anggaran pemerintah untuk pendistribusian ke daerah-daerah yang memiliki tantangan geografis yang cukup besar.

Dusun Poleng terletak di sebelah tenggara Kota Madiun, untuk menuju Dusun Poleng, dapat dicapai melalui Kota Madiun menggunakan sarana transportasi darat dengan jarak tempuh sekitar 45 menit. Saat ini kebutuhan listrik di suplai dari swadaya masyarakat Dusun Poleng itu sendiri, namun listrik hanya berpusat di satu rumah warga saja. Dusun Poleng belum mendapatkan subsidi listrik dari PLN dikarenakan sulitnya akses jalan menuju Dusun Poleng tersebut, hingga menyebabkan sulitnya warga untuk melakukan mobilisasi dengan luar desa dan masalah penyediaan energi listrik di Dusun Poleng kurang efisien untuk menunjang aktivitas ekonomi masyarakat.

Di dunia, tak terkecuali pemerintah Indonesia telah menyarankan agar masyarakat dapat menghemat kebutuhan listrik yang dikarenakan suplai energi fosil yang semakin lama akan berkurang bila terus digunakan. Sekarang ini, telah banyak terobosan tentang pembangkit listrik menggunakan sumber energi terbarukan. Para ahli menemukan berbagai sistem pembangkit tenaga listrik yang bekerja dengan mengubah suatu energi menjadi energi listrik (Aris Budiman, 2012). Maka penelitian ini dilaksanakan di Dusun Poleng, Kabupaten Madiun dengan mengusulkan pemodelan konfigurasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang terdiri dari konfigurasi energi terbarukan. Analisa data menggunakan *software* HOMER (*Hybrid Optimization Model for Energy Renewable*), hasil dari pemodelan sistem pembangkit listrik tenaga surya ini berupa model atau desain konfigurasi sistem pembangkit listrik yang optimal (Bahrud Kahar, 2016). Dengan output dapat menjadi suplai listrik bagi Dusun Poleng, Kabupaten Madiun.

1.1 Pemodelan PLTS

1.1.1 Photovoltaic

Panel Surya atau *Photovoltaic* (PV) adalah perangkat yang digunakan untuk mengubah energi dari sinar matahari menjadi energi listrik. Besarnya arus yang dihasilkan oleh PV akan sebanding dengan intensitas cahaya matahari yang masuk ke dalam PV.

1.1.2 Baterai

Baterai adalah alat yang digunakan untuk menyimpan arus/energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya. Kegunaan baterai pada sistem PLTS sangat berguna untuk menyimpan arus/energi yang dihasilkan oleh solar cell/panel pada siang hari dan dapat digunakan untuk beban pada malam hari.

1.1.3 Solar Charge Controller

Solar charge controller adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang mengisi baterai dan juga dari baterai ke beban. *Solar charge controller* mengatur *overcharging* (pengisian berlebih pada baterai) dan tegangan lebih dari PV.

1.1.4 Inverter

Inverter berperan untuk mengubah arus DC yang diproduksi panel surya menjadi arus AC, sehingga dapat dialirkan ke jaringan listrik oleh pengguna dan berguna untuk mengimpor kelebihan daya yang dihasilkan panel surya kepada jaringan PLN.

1.2 Net Present Cost (NPC)

Net Present Cost (NPC) merupakan keluaran ekonomi utama yang digunakan untuk nilai suatu sistem PLTS, *software* HOMER sendiri nantinya secara otomatis menyusun data hasil *output* simulasi dan optimasi berdasar nilai NPC terendah (Bahrud Kahar, 2016). Dengan melalui persamaan:

$$C_{NPC} = C_{ann} / CRF(i, R_{proj}) \quad (1)$$

$$C_{ann, tot} = \text{total biaya tahunan (\$/tahun)} \quad R_{proj} = \text{lama waktu suatu proyek}$$

$$CRF = \text{faktor penutupan modal} \quad N = \text{jumlah tahun.}$$

$$i = \text{suku bunga (\%)}$$

Sementara untuk faktor penutupan modal didapat melalui persamaan:

$$CRF(i, N) = i(1+i)^N / (1+i)^N - 1 \quad (2)$$

1.3 Cost of Energy (COE)

COE merupakan biaya rata-rata produksi listrik per kWh yang digunakan oleh sistem. Untuk menghitung COE, biaya tahunan produksi listrik dibagi dengan listrik yang dihasilkan. (Jaka Windarta dkk, 2019). Dengan melalui persamaan:

$$COE = \frac{C_{tot.Ann}}{\text{consumption energy (kWh/yr)}} \quad (3)$$

Dengan begitu diperoleh pendapatan per tahun dengan persamaan:

$$\text{Pendapatan per tahun} = COE \times \text{Primary Load} \quad (4)$$

1.4 Break Event Point (BEP)

Break even point adalah ketika nilai investasi dan pendapatan berada pada titik 0, atau tanpa syarat Mengalami keuntungan dan kerugian. Perlu nilai BEP untuk memperkirakan pengalaman awal Hasil investasi tahun berapa. Perangkat lunak Homer tidak menghitung nilai BEP, jadi gunakan Perhitungan manual (Jaka Windarta dkk, 2019). Dengan melalui persamaan:

$$BEP \text{ (Unit)} = \text{Fixed Cost} / COE\text{-Variable Cost} \quad (5)$$

Fixed Cost = biaya tetap

COE = biaya rata-rata per kWh produksi energi listrik

Variable Cost = biaya operasi dibagi beban utama AC

Sedangkan untuk persamaan pendapatan diterima agar terjadi BEP sebagai berikut:

$$\text{Pendapatan BEP} = BEP \text{ (Unit)} \times COE \quad (6)$$

2. METODE

2.1 Studi Literatur

Studi Literatur adalah tahap yang dilakukan oleh penulis dalam mencari gambaran untuk melaksanakan penelitian yang didapat dari jurnal ilmiah.

2.2 Pengumpulan Data

2.2.1 Lokasi dan Kondisi Kelistrikan Penelitian

Lokasi yang digunakan peneliti adalah Dusun Poleng, Kabupaten Madiun. Kondisi kelistrikan pada Dusun Poleng sendiri masih menggunakan dana swadaya dari masyarakat setempat untuk menarik kabel dari Dusun atau Desa tetangga, dikarenakan akses medan yang sulit, sehingga belum tersentuh elektrifikasi dari PLN. Dengan menjadi fokus utama yaitu memberikan instalasi penerangan jalan umum pada Dusun Poleng yaitu tepatnya akses menuju Dukuh Pekilen sepanjang kurang lebih 1 KM, yang dimana terdapat warga yang tinggal dengan berjumlah 8 KK (Kepala Keluarga). Maka dibuatlah pemodelan sebuah pembangkit listrik dengan memanfaatkan energi terbarukan yang berpotensi pada daerah setempat yaitu sinar matahari.

2.2.2 Profil Beban

Perhitungan profil beban diambil dengan memperkirakan operasi kebutuhan jenis beban berdasarkan pada kondisi lokasi. Dengan membuat operasi sistem jaringan listrik penerangan

jalan dipilih intensitas cahaya 1360 Lumens, dimana intensitas cahaya tersebut dapat dihasilkan dengan lampu LED berdaya 12W serta Lampu CFL 22W.

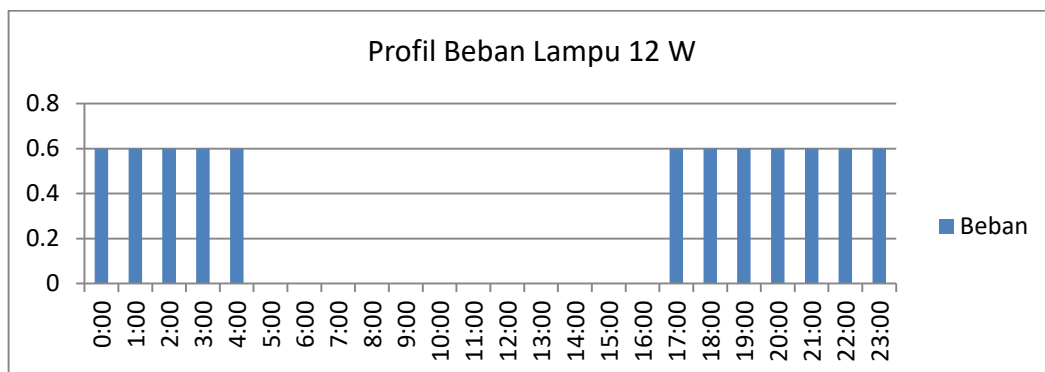
Tabel 1. Estimasi Beban Instalasi Menggunakan Lampu LED

Jenis Beban	Kuantitas	Daya (Watt)	Rata-rata Pemakaian (jam/hari)	Kebutuhan Energi (Wh)
Lampu LED	50	12	12	7.200
Total				7.200

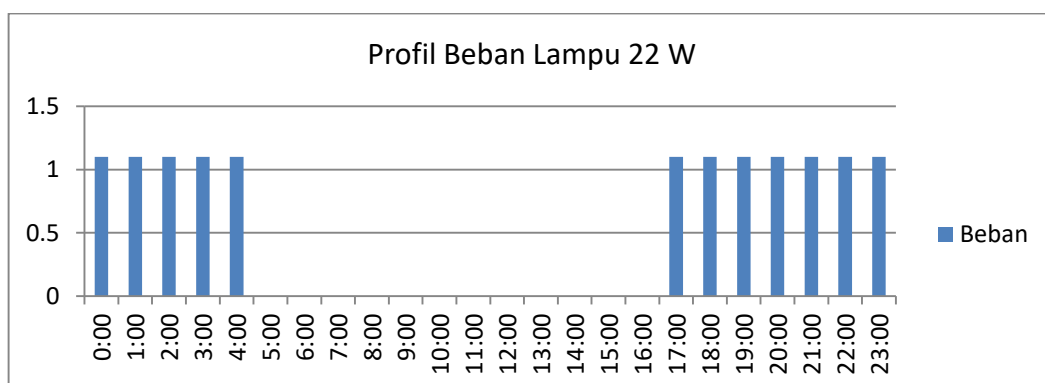
Tabel 2. Estimasi Beban Instalasi Menggunakan Lampu CFL

Jenis Beban	Kuantitas	Daya (Watt)	Rata-rata Pemakaian (jam/hari)	Kebutuhan Energi (Wh)
Lampu CFL	50	22	12	13.200
Total				13.200

Berdasarkan tabel 1 bisa dilihat untuk besar beban energi listrik yang diperlukan untuk memasang lampu jalan dalam sehari adalah 7.200 Wh/hari atau 7,2 kWh/hari dan untuk tabel 2 diperlukan 13.200 Wh/hari atau 13,2 kWh/hari.



Gambar 1. Profil Beban Listrik Lampu LED



Gambar 2. Profil Beban Listrik Lampu CFL

Gambar 1 dan Gambar 2 memperlihatkan grafik profil beban listrik untuk keperluan lampu jalan pada Dusun poleng, dimana lampu berjumlah 50 buah yang dipasang pada akses jalan

sepanjang kurang lebih 1 kilometer. Profil beban listrik ini dibuat dengan asumsi perkiraan waktu operasi pemakaian selama 12 jam, pada sore hari hingga pagi hari.

2.2.3 Potensi Energi Matahari

Radiasi matahari dan suhu merupakan salah satu parameter utama yang mempengaruhi dalam perancangan PLTS dan output daya panel surya (Windarta, 2019). Pada *software* HOMER sendiri data radiasi Matahari dan suhu didapat dari database NASA SMSE (*Surface Meteorology and Solar Energy*).

Month	Clearness Index	Daily Radiation (kWh/m ² /day)	
Januari	0,446	4,810	
Februari	0,448	4,850	
Maret	0,480	5,040	
April	0,525	5,120	
Mei	0,567	5,040	
Juni	0,574	4,820	
Juli	0,602	5,170	
Agustus	0,608	5,680	
September	0,597	6,070	
Oktober	0,565	6,020	
November	0,508	5,460	
Desember	0,475	5,090	
Annual Average (kWh/m ² /day): 5.26			

Gambar 3. Radiasi Matahari Dusun Poleng

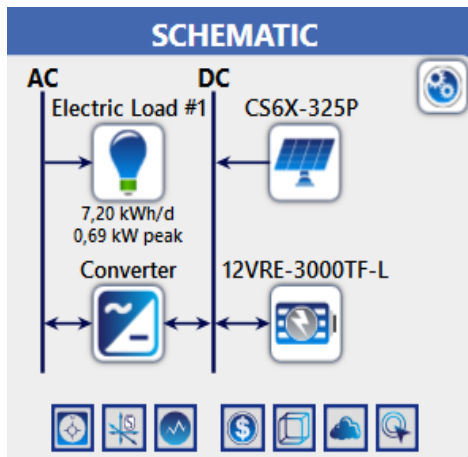
Month	Daily Temperature (°C)	
Januari	25,110	
Februari	25,130	
Maret	25,340	
April	25,360	
Mei	25,010	
Juni	24,470	
Juli	24,080	
Agustus	24,440	
September	25,020	
Oktober	25,440	
November	25,350	
Desember	25,120	
Annual Average (°C): 24.99		

Gambar 4. Temperatur Suhu Dusun Poleng

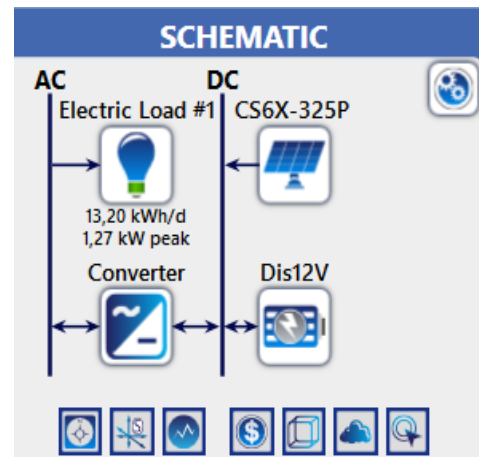
Pada gambar 3 dan 4, potensi energi matahari dan temperatur suhu pada Dusun Poleng sangat baik untuk dimanfaatkan perancangan PLTS dikarenakan nilai radiasi matahari rata-rata harian pada Dusun Poleng sebesar 5,26 kWh/m² /hari, dengan intensitas radiasi matahari tertinggi sebesar 6,07 kWh/m² /hari, dan terendah 4,81 kWh/m² /hari, sedangkan suhu rata-rata sebesar 24,99 °C. Dengan catatan data ini diperoleh dari database NASA SMSE (*Surface Meteorology and Solar Energy*).

2.3 Desain Pemodelan

Desain pemodelan sistem PLTS *off-grid* pada Dusun Poleng dilakukan menggunakan *software* HOMER-Pro dengan komponen PV Canadian Solar CS6X-325P (0,325 KW), MPPT (*Maximum Power Point Tracker*) (1 KW dan 2 KW), Baterai Discover 12VRE-3000TF (3 KW), serta Inverter (1 KW) dan beban main feeder pemodelan sistem 1 (7,20 kWh/day), pemodelan sistem 2 (13,20 kWh/day).

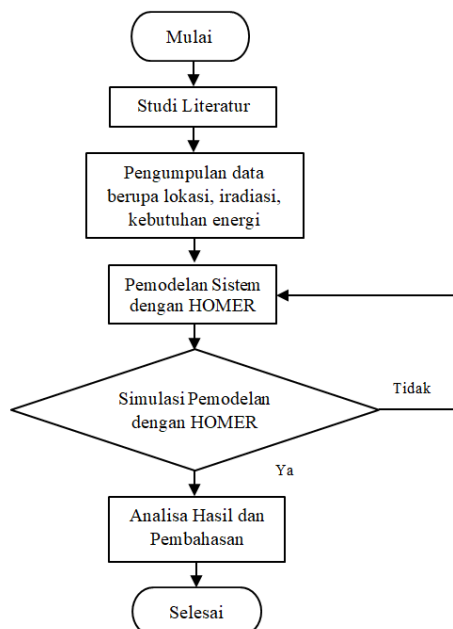


Gambar 5. Pemodelan Sistem 1



Gambar 6. Pemodelan Sistem 2

2.4 Alur Penelitian



Gambar 7. Diagram Alir Penelitian

Gambar 7 merupakan diagram alir proses penelitian. Langkah pertama dengan melakukan sebuah studi literatur dengan mengumpulkan berbagai jurnal dan *paper* terkait dengan penelitian selanjutnya pengumpulan data berupa medan, jumlah radiasi dan temperatur pada lokasi, setelahnya penentuan beban dan dilakukan pemodelan menggunakan *software* HOMER. Selanjutnya dilakukannya simulasi, jika berhasil maka akan keluar nilai hasil optimalisasi pemodelan yang selanjutnya dilakukan analisa dan pembahasan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pemodelan sistem dan hasil simulasi, HOMER memberikan konfigurasi yang paling optimal, berupa hasil *output* kelistrikan dan output ekonomi. Konfigurasi meliputi nilai NPC dari rendah hingga tertinggi. Tujuan utama menggunakan optimasi HOMER adalah untuk

menghitung setiap daya Kilowatt/jam (COE) dan NPC. Hasil terbaik tergantung pada faktor-faktor seperti radiasi matahari, suhu dan kesediaan energi energi terbarukan.

3.1 Analisa Kelistrikan

Mempertimbangkan Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 27 tahun 2018 tentang alat penerangan jalan, dijelaskan bahwa alat penerangan jalan berdasarkan kuat pencahayaan untuk jalan lingkungan sebesar 2-4 *lux*(satuan pencahayaan). Maka pembuatan pemodelan PLTS pada Dusun Poleng dengan pemodelan 1 dan 2 ini menggunakan beban lampu yang mampu memberikan intensitas cahaya 1360 lumen

3.1.1 Desain Pemodelan 1

Usai dilakukan sebuah pemodelan maka akan didapat sebuah hasil simulasi berupa optimalisasi yang berisi keluaran besaran listrik dilakukan oleh *software* HOMER. Desain pemodelan 1 ini dibuat berdasarkan dengan pemilihan jenis beban yaitu sebuah lampu LED 12 W yang setara 1360 Lumen yang mana cukup untuk menerangi sebuah jalan lingkungan.

Optimization Results														
Left Double Click on a particular system to see its detailed Simulation Results.														
Architecture					Cost					System				
CS6X-325P (kW)	CS6X-325P-MPPT (kW)	12VRE-3000TF (V)	Converter (kW)	Disp	COE (Rp)	NPC (Rp)	Operating cost (Rp)	Initial capital (Rp)	Ren Fra (%)	Capital Cost (Rp)	Production (kWh)	Autonomy (hr)	Annual Throughput (kWh)	Rectif Inverter Mean Output (kW)
4,27	1,00	10	0,746	CC	Rp1.138	Rp39,4M	Rp735.491	Rp29,7M	100	8.178.612	3.443	78,4	2.973	0

Gambar 8. Hasil Pengoptimalan Desain Pemodelan 1

Pada Gambar diatas ini diperoleh hasil simulasi konfigurasi yang optimal yaitu berupa *Photovoltaic* 4,27 kW, MPPT 1 kW, baterai 3 kW 10 unit, konverter 0,746 kW.

System Architecture:		CanadianSolar MaxPower CS6X-325P (4,27 kW/1,00 kW) HOMER Cycle Charging		Total NPC:	Rp39.350.340
		Discover 12VRE-3000TF-L (5,00 strings)		Levelized COE:	Rp1.138
		System Converter (0,746 kW)		Operating Cost:	Rp735.491

Emissions					
Cost Summary		Cash Flow	Compare Economics	Electrical	Renewable Penetration
Production		kWh/yr	%	Consumption	
CanadianSolar MaxPower CS6X-325P		3.443	100	AC Primary Load	2.626
Total		3.443	100	DC Primary Load	0
				Total	2.626

Quantity		kWh/yr	%
Excess Electricity		204	5,93
Unmet Electric Load		1,93	0,0733
Capacity Shortage		2,51	0,0954

Quantity		Value
Renewable Fraction		100
Max. Renew. Penetration		90,3

Gambar 9. Hasil Simulasi Kelistrikan Pemodelan 1

Berdasarkan gambar 9 pasokan listrik yang dihasilkan PV sebesar 3443 kWh/yr dengan fraksi 100%. Sedangkan untuk konsumsi daya beban primer AC sebesar 2626 kWh/yr sehingga didapatkan kelebihan pasokan listrik sebesar 817 kWh/yr.

3.1.2 Desain Pemodelan 2

Setelah dilakukan sebuah pemodelan maka akan didapat sebuah hasil simulasi berupa optimalisasi yang berisi keluaran besaran listrik dilakukan oleh *software* HOMER. Desain

pemodelan 2 ini dibuat berdasarkan dengan pemilihan jenis beban yaitu sebuah lampu CFL 22 W yang setara 1360 Lumen yang mana cukup untuk menerangi sebuah jalan lingkungan.

Optimization Results														
Architecture					Cost				System	CS6X-325P		Dis12V		Converter
CS6X-325P (kW)	CS6X-325P-MPPT (kW)	Dis12V	Converter (kW)	Dis	COE (Rp)	NPC (Rp)	Operating cost (Rp)	Initial capital (Rp)	Ren. Frac (%)	Capital Cost (Rp)	Production (kWh)	Autonomy (hr)	Annual Throughput (kWh)	Rectifier Inverter Mean Output (kW)
9,40	2,00	14	1,38	CC	Rp1.142	Rp72.4M	Rp1.80M	Rp48,7M	100	17.919.590	7.040	63,4	5.607	0 0,550

Gambar 10. Hasil Pengoptimalan Pemodelan 2

Pada Gambar diatas ini diperoleh hasil simulasi konfigurasi yang optimal yaitu berupa *Photovoltaic* 9,40 kW, MPPT 2 kW, baterai 3 kW 14 unit, konverter 1,38 kW.

System Architecture:		CanadianSolar MaxPower CS6X-325P (9,40 kW/2,00 kW) HOMER Cycle Charging	Total NPC:	Rp72.351.660
		Discover 12VRE-3000TF (7,00 strings)	Levelized COE:	Rp1.142
		System Converter (1,38 kW)	Operating Cost:	Rp1.797.957

Emissions				Electrical				Renewable Penetration				Discover 12VRE-3000TF				CanadianSolar MaxPower CS6X-325P				System Converter			
Production				Consumption				Quantity				Quantity				Quantity				Value			
kWh/yr	%			kWh/yr	%			kWh/yr	%			kWh/yr	%										
CanadianSolar MaxPower CS6X-325P	7.040	100		AC Primary Load	4.814	100		Excess Electricity	735	10,4		Renewable Fraction	100										
Total	7.040	100		DC Primary Load	0	0		Unmet Electric Load	3,91	0,0811		Max. Renew. Penetration	109										
				Total	4.814	100		Capacity Shortage	4,70	0,0975													

Gambar 11. Hasil Simulasi Kelistrikan Pemodelan 2

Berdasarkan gambar 11 pasokan listrik yang dihasilkan PV sebesar 7040 kWh/yr dengan fraksi 100%. Sedangkan untuk konsumsi daya beban primer AC sebesar 4814 kWh/yr sehingga didapatkan kelebihan pasokan listrik sebesar 2226 kWh/yr.

3.2 PV Array

Perhitungan untuk menentukan jumlah *solar* panel yang akan digunakan pada hasil konfigurasi yang optimal yaitu dengan pemodelan 1 yang berkapasitas 4,27 kW dan pemodelan 2 berkapasitas 9,40 kW.

$$P \text{ Array} = E_{load} / 5 \dots \dots \dots (7)$$

Hasil perhitungan nilai daya PV Array diperlukan sebesar 0,854 kWp untuk pemodelan 1, sedangkan pemodelan 2 diperlukan 1,88 kWp dengan spesifikasi satu *solar* panel adalah 325 Wp, jumlah *solar* modul dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Jumlah solar modul} = P \text{ Array} / P \text{ satu solar modul} \dots \dots \dots (8)$$

Perhitungan jumlah solar modul yang dibutuhkan dengan daya 1 *solar* modul 325 Wp, yaitu 3 buah *solar* panel untuk pemodelan 1 dan 6 *solar* panel untuk pemodelan 2 yang nantinya tersusun secara seri agar mendapatkan daya yang maksimal.

3.3 Analisa Ekonomi

Total biaya yang harus ditanggung pengguna saat menerapkan sistem PLTS dengan parameter diskonto nominal 4,50% , tingkat inflasi yang diharapkan 0,13%, dan siklus proyek selama 20 tahun.

Tabel 3. Analisa Ekonomi

Desain Pemodelan	COE	AC Primary Load	Pendapatan Per Tahun
Beban Lampu 12W	Rp. 1138 per kWh	2626 kWh/yr	Rp. 2.988.388
Beban Lampu 22W	Rp. 1142 per kWh	4814 kWh/yr	Rp. 5.497.588

Dengan keluarnya hasil rata-rata biaya operasi dan pendapatan per tahun dari rumus (4), sehingga dapat dihitung BEP (unit) yang memiliki parameter seperti berikut:

3.3.1 Pemodelan 1

$$\begin{aligned}
 \text{BEP (Unit)} &= \text{Fixed Cost} / \text{COE-Variable Cost} \\
 &= \text{Rp. } 29.700.000 / (\text{Rp. } 1138 - \text{Rp. } 280,08) \\
 &= \text{Rp. } 34.618,61
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Pendapatan BEP} &= \text{BEP (unit)} \times \text{COE} \\
 &= \text{Rp. } 34.618,61 \times \text{Rp. } 1138 \\
 &= \text{Rp. } 39.395.978
 \end{aligned}$$

3.3.2 Pemodelan 2

$$\begin{aligned}
 \text{BEP (Unit)} &= \text{Fixed Cost} / \text{COE-Variable Cost} \\
 &= \text{Rp. } 48.700.000 / (\text{Rp. } 1142 - \text{Rp. } 373,90) \\
 &= \text{Rp. } 63.403,20
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Pendapatan BEP} &= \text{BEP (unit)} \times \text{COE} \\
 &= \text{Rp. } 63.403,20 \times \text{Rp. } 1142 \\
 &= \text{Rp. } 39.395.978
 \end{aligned}$$

Tabel 4. Break Even Point

Parameter	Beban Lampu 12W	Beban Lampu 22W
Fixed Cost	Rp. 29.700.000	Rp. 48.700.000
Variable Cost	Rp. 280,08	Rp. 373,90
BEP	Rp. 34.618,61	Rp. 63.403,20
Pendapatan BEP	Rp. 39.395.978	Rp. 72.406.454

Demikian, pendapatan BEP pada Pemodelan 1 sebesar Rp. 39.395.978 dan Pemodelan 2 sebesar Rp. 72.651.984. Dengan pendapatan tahunan Pemodelan 1 sebesar Rp. 2.988.388 dan Pemodelan 2 sebesar Rp. 5.497.588, maka nilai BEP dapat dicapai pada tahun ke 13.

3.3.3 Perbandingan

Perbandingan prospek pembuatan PLTS selama 20 tahun dengan lampu jalan tenaga surya yang berada di pasaran. Lampu jalan tenaga surya jenis LED 30 W, menggunakan baterai *lithium* 3,7 V / 9 Ah. Harga per *unit* lampu jalan tenaga surya sebesar Rp.170.000,00. Lampu jalan tenaga surya membutuhkan perawatan 3 tahun sekali penggantian baterai dikarenakan umur masa pakai baterai 1000 hari. Baterai dijual di harga Rp. 110.000,00.

Pengadaan Lampu	= Rp. 170.000,00 x 50 lampu = Rp. 8.500.000,00
Perawatan baterai	= Rp. 110.000,00 x 50 lampu x 6 (20 tahun) = Rp. 33.000.000,00
Total	= Rp. 41.500.000,00

Tabel 5. Perbandingan Harga

Pemodelan 1	Pemodelan 2	Lampu Jalan Solar Cell
Rp. 39.400.000,00	Rp. 72.400.000,00	Rp. 41.500.000,00

Berdasarkan pada tabel 5 untuk harga pengadaan penerangan jalan umum yang terendah adalah PLTS pemodelan 1 dengan biaya Rp. 39.400.000,00, disusul lampu jalan tenaga surya Rp. 41.500.000,00, dan terbesar PLTS pemodelan 2 sebesar Rp. 72.400.000,00.

4. PENUTUP

Dari hasil perhitungan serta data yang diperoleh dan dianalisa seperti diatas, maka penelitian ini dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Sistem konfigurasi *off grid* PLTS yang optimal hasil simulasi HOMER terdiri dari PV 4,27 kW, MPPT 1 kW, baterai 3 kW 10 unit dan konverter 0,746 kW pada Pemodelan 1 dengan menggunakan beban lampu LED 12W sedangkan pada pemodelan 2 yang menggunakan beban lampu CFL 22W yaitu PV 9,40 kW, MPPT 2 kW, baterai 3 kW 14 unit, konverter 1,38 kW.
2. Pada Pemodelan 1 dibutuhkan sejumlah 3 buah *solar* panel yang disusun secara seri dan untuk pemodelan 2 dibutuhkan sejumlah 6 buah *solar* panel yang disusun secara seri.
3. Berdasar konfigurasi yang optimal pada nilai NPC terendah yaitu Pemodelan 1 sebesar Rp. 39.400.000 dengan kelebihan pasokan listrik 817 kWh/yr sedangkan Pemodelan 2 sebesar Rp. 72.400.000 dengan kelebihan pasokan listrik sebesar 2226 kWh/yr.
4. Penggunaan data *solar resources* yang sama namun mempunyai selisih beban berbeda 6 kWh/d dapat membuat dari hasil pemodelan yang berbeda yang signifikan.
5. Pada kedua desain pemodelan akan terjadi BEP pada waktu 13 tahun.

6. Pembangkit listrik tenaga surya berpotensi untuk direalisasikan akan tetapi dengan mengeluarkan biaya yang besar.

PERSANTUNAN

Dalam proses penyusunan tugas akhir, penulis mendapatkan banyak dorongan berupa *support* dan bantuan dari banyak pihak, maka penulis ingin menyampaikan rasa banyak terimakasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberi nikmat, anugrah, dan ridhoNya sehingga penulis dapat menulis tugas akhir.
2. Kedua orang tua yang memberi dukungan, dorongan dan doa yang tiada hentinya sehingga tugas akhir dapat terselesaikan.
3. Bapak Dedi Ary Prasetya, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan ilmu dan membimbing untuk menyelesaikan tugas akhir.
4. Bapak dan Ibu dosen Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah membimbing dan memberi ilmu yang bermanfaat pada penulis.
5. Teman-teman Teknik Elektro UMS angkatan 2017 dan kawan seperjuangan yang selalu memberi dukungan moril dan semangat.

DAFTAR PUSTAKA

- Aprillia, B. S., Made Hendry Keswara, I., Raharjo, J., Ramdhani, M., Adam, K. B., & Suhartono, E. (2020). Standalone Photovoltaic System Cost Optimization for Matantimali Village Central Sulawesi. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 982(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/982/1/012023>
- Aung, N. S. M., & Myint, Z. H. (2014). Design of Stand-Alone Solar Street Lighting System with LED. *International Journal of Scientific Engineering and Technology Research*, 03(17), 3518–3522.
- Bachtiar, I. K., & Syafik, M. (2016). Rancangan Implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Skala Rumah Tangga menggunakan Software HOMER untuk Masyarakat Kelurahan Pulau Terong Kecamatan Belakang Padang Kota Batam. *Jurnal Sustainable*, 5(2), 17–22.
- Bagaskoro, B., Windarta, J., & Denis. (2019). Listrik Tenaga Surya Sistem Offgrid Menggunakan Cemara. *TRANSIENT Jurnal Ilmiah Teknik Elektro UNDIP*, 8(2), 152–157.
- Budiman, A., Supardi, A., & Rohman, M. (2012). *Perancangan Solar Home System Menggunakan Homer*. 68–75.
- Kahar, B., & Hantoro, R. (2016). Study And Modeling Of Energy Supply At Moti Island-Ternate Based On Renewable Energy. *IPTEK The Journal for Technology and Science*, 27(1). <https://doi.org/10.12962/j20882033.v27i1.1186>
- Sukmawidjaja, M., Jurusan, D., Elektro, T., Jurusan, A., & Elektro, T. (2013). *Simulasi Optimasi Sistem Plth Menggunakan Software Homer Untuk*. 11, 17–42.

Windarta, J., Wista Sinuraya, E., Zaenal Abidin, A., Era Setyawan, A., & Angghika. (2019). Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Berbasis Homer Di SMA Negeri 6 Surakarta Sebagai Sekolah Hemat Energi Dan Ramah Lingkungan. *PROSIDING SEMINAR NASIONAL MIPA 2019 Universitas Tidar*, 21–36.